

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

10. 9. 2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 9 月 8 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 3 1 5 9 9 0
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 1 5 9 9 0]

出 願 人
Applicant(s): 三 菱 住 友 シ リ コ ン 株 式 有 限 公 司

REC'D 04 NOV 2004

WIPO

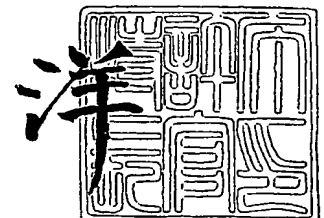
PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 0 月 2 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 2003M021
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 21/265
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 三菱住友シリコン株式会社内
 【氏名】 遠藤 昭彦
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 三菱住友シリコン株式会社内
 【氏名】 森本 信之
【特許出願人】
 【識別番号】 302006854
 【氏名又は名称】 三菱住友シリコン株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100094215
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 安倍 逸郎
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 037833
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

活性層用ウェーハの所定深さ位置に軽元素をイオン注入し、前記活性層用ウェーハにイオン注入領域を形成するイオン注入工程と、

その後、イオン注入された活性層用ウェーハと、窒素濃度が $1 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3 \sim 3 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ でかつ酸素濃度が $12 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ (old ASTM) 以上であり、ウェーハ全面が OSF リング領域である支持基板用ウェーハとを絶縁膜を介在して貼り合わせ、貼り合わせウェーハを形成する貼り合わせ工程と、

該貼り合わせウェーハを熱処理し、前記イオン注入領域内に軽元素バブルを形成させることで、前記所定深さ位置から活性層用ウェーハの一部を剥離し、活性層を形成する剥離工程とを備えた貼り合わせ基板の製造方法。

【請求項 2】

活性層用ウェーハの所定深さ位置に軽元素をイオン注入し、前記活性層用ウェーハにイオン注入領域を形成するイオン注入工程と、

その後、イオン注入された活性層用ウェーハと、酸素濃度が $16 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ (old ASTM) 以上の支持基板用ウェーハとを絶縁膜を介在して貼り合わせ、貼り合わせウェーハを形成する貼り合わせ工程と、

該貼り合わせウェーハを熱処理し、前記イオン注入領域内に軽元素バブルを形成させることで、前記所定深さ位置から活性層用ウェーハの一部を剥離し、活性層を形成する剥離工程とを備えた貼り合わせ基板の製造方法。

【請求項 3】

前記貼り合わせ工程の前に、還元ガス雰囲気、前記支持基板用ウェーハに対して $1100 \sim 1250^\circ\text{C}$ 、5 分間以上のラピッドサーマルプロセス処理、または、 $1050 \sim 1250^\circ\text{C}$ 、1 時間以上の高温熱処理を施す請求項 1 または請求項 2 に記載の貼り合わせ基板の製造方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】貼り合わせ基板の製造方法

【技術分野】

【0001】

この発明は貼り合わせ基板の製造方法、詳しくは活性層の金属不純物による汚染度の低減が図れ、支持基板用ウェーハのスリップを抑制する十分な強度を有し、薄膜の活性層のLPD評価の精度も高まるスマートカット法を利用した貼り合わせ基板を安価に製造する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、デバイスの高集積化などに伴い、活性層の薄膜化(0.05 μ m未満)が進んでいる。これを実現するSOI(silicon on insulator)構造を有した半導体基板を製造する方法として、特許文献1に記載されたスマートカット法が開発されている。

これは、酸化膜が形成され、水素を所定深さ位置にイオン注入した活性層用ウェーハと、支持基板用ウェーハとを室温で貼り合わせ、その後、得られた貼り合わせウェーハを熱処理炉に挿入して500℃、30分間熱処理し、そのイオン注入領域から活性層用ウェーハの一部を剥離し、続いて貼り合わせウェーハに貼り合わせ強度を増強する貼り合わせ熱処理を施す方法である。これにより、支持基板用ウェーハと活性層との間に埋め込みシリコン酸化膜を介在した貼り合わせSOI基板が得られる。貼り合わせ熱処理では、酸素を雰囲気ガスとする1100℃、2時間の熱処理が施される。

【0003】

ところで、活性層用ウェーハおよび活性層には、水素イオン注入工程および貼り合わせ熱処理などの高温プロセスにより若干量の金属不純物が混入する。金属不純物のうちCu、Feなどは、貼り合わせ後の熱処理時に埋め込みシリコン酸化膜を透過し、支持基板用ウェーハ内まで拡散される。この現象を応用し、支持基板用ウェーハにおいて金属不純物を捕獲する、例えば特許文献2に記載されたIG(Intrinsic Gettering)法が知られている。

特許文献2では、支持基板用ウェーハとして比抵抗10 Ω cm、酸素濃度 1×10^{18} atoms/cm³のn型のシリコンウェーハを採用している。このウェーハをアニールすることにより、酸素析出物を形成させ、この析出物をゲッタリングサイトとし、埋め込みシリコン酸化膜を透過したCu、Feなどの金属不純物を支持基板用ウェーハ内で捕獲する。その結果、活性層の金属不純物の汚染度を低減させることができる。

【特許文献1】特開平5-211128号公報

【特許文献2】特開平9-326396号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、酸素濃度 1×10^{18} atoms/cm³程度からの酸素析出物をゲッタリングサイトとした支持基板用ウェーハでは、活性層用ウェーハまたは活性層の金属不純物を捕獲するには不十分であった。

また、貼り合わせ熱処理時には、1100℃という高温で熱処理される。そのため、支持基板用ウェーハの支持側の面にスリップが発生し易かった。これを改善するために貼り合わせウェーハがセラミックス製の環状のサセプタ、または、環状のウェーハ保持部を有するウェーハポートなどのウェーハ支持治具により支持される方法が用いられているが、コスト的な問題があった。

【0005】

さらに、近年では、活性層が0.05 μ m未満(例えば0.02 μ m)、埋め込みシリコン酸化膜が0.15 μ m程度まで薄膜化している。そのため、表面検査装置によりLPD(Light Point Defect)を評価する際において、マイクロボイドを

疑似欠陥として検出するおそれがあった。ここでいうマイクロボイドとは、シリコン酸化膜と支持基板用ウェーハとの間に存在する微細な空隙（露出したCOPなど）を意味する。このように、マイクロボイドを疑似欠陥として検出するのは、測定用のレーザ光が薄膜の活性層と埋め込みシリコン酸化膜とを透過するためである。その結果、LPD評価の信頼性が低下していた。

【0006】

このような疑似欠陥の問題を解消するため、例えば特許文献3に記載されたCOPが存在しないシリコンウェーハを支持基板用ウェーハとして利用することが考えられる。

特許文献3では、CZ法における引き上げ速度を 0.8 mm/min 以下としてシリコン単結晶インゴットを育成する。シリコンを低速度で育成し、更に引き上げ炉内の温度環境を最適化することにより、シリコン単結晶インゴット中にCOPが析出されない。このようにCOPが存在しないシリコンウェーハを支持基板用ウェーハに用いれば、マイクロボイドは発生しなくなる。

しかしながら、COPをなくすために、結晶中の空孔濃度が低くなり、逆に空孔を必要とする酸素析出物が得にくいという問題が生じていた。

【特許文献3】特開平2-267195号公報

【0007】

この発明は、活性層の金属不純物による汚染度が低減され、支持基板用ウェーハのスリップを抑制することができる貼り合わせ基板を、スマートカット法を採用して安価に製造することができる貼り合わせ基板の製造方法を提供することを、その目的としている。

また、この発明は、薄膜の活性層のLPD評価の信頼性を高めることができる貼り合わせ基板の製造方法を提供することを、その目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

請求項1に記載の発明は、活性層用ウェーハの所定深さ位置に軽元素をイオン注入し、前記活性層用ウェーハにイオン注入領域を形成するイオン注入工程と、その後、イオン注入された活性層用ウェーハと、窒素濃度が $1 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3 \sim 3 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ でかつ酸素濃度が $12 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ （old ASTM）以上であり、ウェーハ全面にOSFが発生する引き上げ条件で作成された支持基板用ウェーハとを絶縁膜を介在して貼り合わせ、貼り合わせウェーハを形成する貼り合わせ工程と、該貼り合わせウェーハを熱処理し、前記イオン注入領域内に軽元素バブルを形成させることで、前記所定深さ位置から活性層用ウェーハの一部を剥離し、活性層を形成する剥離工程とを備えた貼り合わせ基板の製造方法である。

【0009】

請求項1に記載の発明によれば、活性層用ウェーハまたは活性層に含まれる金属不純物のうち、外方拡散により埋め込み絶縁膜を透過可能なCu、Feなどが、埋め込み絶縁膜を介して支持基板用ウェーハ中の酸素析出物（BMD; Bulk Micro Defects）またはそれに起因した酸素誘起積層欠陥（OSF; Oxidation Induced Stacking Fault）に捕獲される。ウェーハ全面にOSFが発生する結晶は引き上げ時の温度勾配および引き上げ速度を制御することにより得られる。また、支持基板用ウェーハに存在し、埋め込み絶縁膜を透過して活性層用ウェーハまたは活性層に移動可能なCu、Feなども、同様にCOPまたはOSF（以下、欠陥）に捕獲される。もちろん、支持基板用ウェーハ中の他の金属不純物もこの欠陥に捕獲される。その結果、活性層の金属不純物による汚染度の低減を図ることができる。

【0010】

また、このように支持基板用ウェーハ中には酸素と窒素とがそれぞれ高濃度に存在する。具体的には、酸素がold ASTMによる測定で $12 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、窒素が結晶引き上げ時にシリコン窒化物を所定量添加し、偏析係数より計算された値が $1 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3 \sim 3 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ である。酸素と窒素とがこれらの分量含有されると、更に引き上げ条件を最適化するにはウェーハ全面に

OSFを発生させることで、支持基板用ウェーハ中の欠陥密度は $1 \times 10^9 / \text{cm}^3$ 以上となる。その結果、支持基板用ウェーハの強度が高まり、熱処理時の支持基板用ウェーハのスリップを防止することができる。支持基板用ウェーハのスリップ防止効果は、直径が300mmを超える貼り合わせ基板において重要視される。

【0011】

活性層用ウェーハおよび支持基板用ウェーハの種類としては、例えば単結晶シリコンウェーハ、ゲルマニウムウェーハ、SiCウェーハを採用することができる。

絶縁膜としては、例えば酸化膜、窒化膜などを採用することができる。

絶縁膜の厚さは、例えば $1.0 \mu\text{m}$ 未満、好ましくは $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ である。

活性層の厚さは限定されない。例えば、厚膜の活性層では $1 \sim 10 \mu\text{m}$ である。また、薄膜の活性層では $0.01 \sim 1 \mu\text{m}$ である。

支持基板用ウェーハの窒素濃度が $1 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 未満では、十分な酸素析出物またはそれに付随するOSFが発生しない。また、 $3 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ を超えると窒素の固溶限界を超え、無転位結晶が引き上げられない。窒素の好ましい濃度は $2 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ である。

支持基板用ウェーハの酸素濃度が $12 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 未満では、十分な酸素析出物またはそれに付随するOSFが発生しない。また、ウェーハ全面にOSFを発生させる引き上げ条件として、CZ法における固液界面近傍の温度勾配(G)と引き上げ速度(V)とすると、 V/G 値が $0.2 \sim 0.3 \text{ mm}^2 / ^\circ\text{C} \cdot \text{min}$ 程度となる。酸素の好ましい濃度は $13 \times 10^{17} \sim 15 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ である。old ASTMとは、シリコン中の酸素濃度の定義の一つであり、FT-IRスペクトルから酸素濃度に返還するための一つの手法である。

【0012】

軽元素としては、例えば水素(H)の他、希ガスの元素であるヘリウム(He)、ネオン(Ne)、アルゴン(Ar)、クリプトン(Kr)、キセノン(Xe)、ラドン(Rn)などでもよい。これらは単体または化合物でもよい。

イオン注入時の軽元素のドーズ量は限定されない。例えば $2 \times 10^{16} \sim 8 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^2$ である。

軽元素のイオン注入時の加速電圧は、50keV以下、好ましくは30keV以下、さらに好ましくは20keV以下である。軽元素のイオン注入は、低加速電圧ほど目標深さに軽元素を集中させることができるが、薄膜SOI作成には剥離後の取り代が少なく面内のバラツキ向上に有利である。

剥離時の貼り合わせウェーハの加熱温度は400℃以上、好ましくは400～700℃、さらに好ましくは450～550℃である。400℃未満では、活性層用ウェーハにイオン注入された軽元素から軽元素バブルを形成することが難しい。また、700℃を超えると、活性層内に酸素析出物が形成されてしまいデバイス特性の低下を招くおそれがある。

【0013】

剥離時の炉内雰囲気は、非酸化性ガス(窒素、アルゴンなどの不活性ガス)の雰囲気でもよい。また、真空中でもよい。

剥離時の貼り合わせウェーハの加熱時間は1分間以上、好ましくは10～60分間である。1分間未満では、貼り合わせウェーハにイオン注入された軽元素をバブル化することが困難になる。

剥離工程後、活性層用ウェーハと支持基板用ウェーハとの貼り合わせ熱処理の強度を高める貼り合わせ熱処理を施してもよい。この際の加熱温度は、例えば1100℃、2時間である。熱酸化炉内の雰囲気ガスとしては、酸素などを採用することができる。

【0014】

支持基板用ウェーハ中には、多量の酸素が存在する。そのため、貼り合わせ後の熱処理時において、酸素の拡散による活性層用ウェーハまたは活性層の酸素汚染が考えられる。しかしながら、絶縁膜のゲッタリング機能により、支持基板用ウェーハ中の酸素が捕獲さ

れる。これにより、前記活性層用ウェーハの酸素汚染は抑制される。

【0015】

請求項2に記載の発明は、活性層用ウェーハの所定深さ位置に軽元素をイオン注入し、前記活性層用ウェーハにイオン注入領域を形成するイオン注入工程と、その後、イオン注入された活性層用ウェーハと、酸素濃度が $1.6 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ (old ASTM) 以上の支持基板用ウェーハとを絶縁膜を介在して貼り合わせ、貼り合わせウェーハを形成する貼り合わせ工程と、該貼り合わせウェーハを熱処理し、前記イオン注入領域内に軽元素バブルを形成させることで、前記所定深さ位置から活性層用ウェーハの一部を剥離し、活性層を形成する剥離工程とを備えた貼り合わせ基板の製造方法である。

【0016】

請求項2に記載の発明によれば、活性層用ウェーハまたは活性層に含まれる金属不純物のうち、拡散により埋め込み絶縁膜を透過可能なCu、Feなどが、埋め込み絶縁膜を介して支持基板用ウェーハ中のBMDまたはOSFなどの欠陥に捕獲される。また、支持基板用ウェーハに存在するCu、Feを含む金属不純物も、同様に欠陥に捕獲される。その結果、最終的に活性層の金属不純物による汚染度の低減を図ることができる。

【0017】

また、支持基板用ウェーハ中には、 $1.6 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以上の高濃度の酸素が存在する。酸素がこの分量含有されると、窒素を添加しなくても支持基板用ウェーハ中の欠陥密度は $1 \times 10^9 / \text{cm}^3$ 以上となる。また、酸素濃度が $1.6 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以上となると、全面にOSFを発生させるような引き上げ条件を選択しなくても、BMD密度がスリップ発生を抑制するために十分である。その結果、支持基板用ウェーハの強度が高まり、熱処理時の支持基板用ウェーハのスリップを防止することができる。

しかも、この発明の貼り合わせ基板は、支持基板用ウェーハ用のインゴットの引き上げ時、結晶中に酸素を $1.6 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以上含ませるだけで得られる。その結果、上記効果を有する貼り合わせ基板を低コストで製造することができる。

【0018】

支持基板用ウェーハの酸素濃度が、old ASTMによる測定で $1.6 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 未満では十分なBMDまたはOSFが得られない。酸素の好ましい濃度は $1.7 \times 10^{17} \sim 2.0 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ である。

【0019】

請求項3に記載の発明は、前記貼り合わせ工程の前に、還元ガス雰囲気中で、前記支持基板用ウェーハに対して $1100 \sim 1250^\circ\text{C}$ 、5分間以上のラピッドサーマルプロセス処理、または、 $1050 \sim 1250^\circ\text{C}$ 、1時間以上の高温熱処理を施す請求項1または請求項2に記載の貼り合わせ基板の製造方法である。

【0020】

請求項3に記載の発明によれば、貼り合わせの前に、還元ガス雰囲気中で、支持基板用ウェーハに対して $1100 \sim 1250^\circ\text{C}$ 、5分間以上のラピッドサーマルプロセス処理を施す。または、 $1050 \sim 1250^\circ\text{C}$ 、1時間以上の高温熱処理を施す。これにより、支持基板用ウェーハの表裏両面付近に存在する酸素の外方拡散が促進され、そのウェーハ表裏両面から酸素が蒸発する。その結果、例えば活性層と埋め込み絶縁膜とが、LPD評価用のレーザ光をそれぞれ透過する程度まで薄膜化されても、LPD評価時に埋め込み絶縁膜と支持基板用ウェーハとの間に存在するマイクロボイドを疑似欠陥として検出することができない。よって、活性層のLPD評価の信頼性を高めることができる。

【0021】

ラピッドサーマルプロセス処理の時期は、活性層用ウェーハと支持基板用ウェーハの貼り合わせ前であれば限定されない。

ラピッドサーマルプロセスとは、スループットなどを高めるため、急速にウェーハの温度を上昇、下降する操作または工程をいう。

還元ガスとしては、例えば水素ガス、アルゴンガス、窒素ガスまたはその混合ガスなど

を採用することができる。

【0022】

ラピッドサーマルプロセスにおいて、支持基板用ウェーハの温度が1100℃未満では表面のCOPが消滅しない。また、支持基板用ウェーハの温度が1250℃を超えるとスリップが発生する。ラピッドサーマルプロセスにおける好ましい支持基板用ウェーハの温度は、1100～1150℃である。

ラピッドサーマルプロセスでの加熱時間が5分間未満ではやはり、表面層のCOPが消滅しない。支持基板用ウェーハの好ましい加熱時間は5～10分間である。また、ラピッドサーマルプロセスにより高温から急冷する過程において酸素析出に必要な空孔がウェーハ全面から内部に注入されるため析出に有利に働く。

【0023】

高温熱処理の時期は、活性層用ウェーハと支持基板用ウェーハとの貼り合わせ前であれば限定されない。

高温熱処理時に使用される還元ガスは、ラピッドサーマルプロセスと同じ還元ガスを使用することができる。

高温熱処理において、支持基板用ウェーハの温度が1050℃未満では表面のCOPが消滅しない。また、支持基板用ウェーハの温度が1250℃を超えるとスリップが発生する。ここでの好ましい支持基板用ウェーハの温度は、1100～1200℃である。

高温熱処理での加熱時間が1時間未満では表面層のCOPが消滅しにくく、特に1050～1100℃では困難となるという不都合が生じる。支持基板用ウェーハの好ましい加熱時間は1～2時間である。

【発明の効果】

【0024】

請求項1および請求項2に記載の発明によれば、支持基板用ウェーハに酸素が $0.1 \text{ d} \text{ ASTM}$ で $12 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以上、窒素が $1 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3 \sim 3 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ 含まれている（請求項1）。または、支持基板用ウェーハに酸素が $16 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 以上含まれている（請求項2）。酸素等がこれらの分量含有されると、支持基板用ウェーハ中の欠陥密度は $1 \times 10^9 / \text{cm}^3$ 以上となる。そのため、支持基板用ウェーハの強度が高まり、熱処理時の支持基板用ウェーハのスリップを防止することができる。

【0025】

しかも、貼り合わせ後の熱処理時、活性層用ウェーハまたは活性層に含まれる金属不純物のうち、拡散により埋め込み絶縁膜を透過可能なFe、Cuと、支持基板用ウェーハ中の金属不純物とが、ゲッターリングサイトとなる支持基板用ウェーハ中のCOPまたはOSFといった欠陥に捕獲される。その結果、最終的に活性層の金属不純物による汚染度を低減させることができる。

さらに、このような効果を有する貼り合わせ基板は、支持基板用ウェーハ用のインゴットの引き上げ時、結晶中に所定量の窒素と酸素、または、酸素を含ませれば得られる。そのため、上記効果を有する貼り合わせ基板を低コストで製造することができる。

【0026】

さらに、支持基板用ウェーハに結晶欠陥が存在しないので、活性層と埋め込みシリコン酸化膜とが薄膜化されても、LPD評価時に埋め込み絶縁膜と支持基板用ウェーハとの間に存在するマイクロボイドを疑似欠陥として検出せず、活性層のLPD評価の信頼性が高まる。

【0027】

請求項3の発明によれば、貼り合わせの前に、還元ガス雰囲気中で、支持基板用ウェーハに対して1100～1250℃、5分間以上のラピッドサーマルプロセス処理、または、1050～1250℃、1時間以上の高温熱処理を施す。これにより、支持基板用ウェーハの表裏両面付近に存在する酸素が蒸発する。その結果、例えば活性層と埋め込みシリコン酸化膜とが、LPD評価用のレーザ光をそれぞれ透過する程度まで薄膜化されても、L

PD評価時にマイクロボイドを疑似欠陥として検出することがない。その結果、活性層のLPD評価の信頼性を高めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、この発明の実施例を図面を参照して説明する。

【実施例1】

【0029】

ボロンが所定量ドーピングされたp型のシリコン単結晶インゴットをCZ法により引き上げる。引き上げ速度は、 1.0 mm/min である。その後、シリコン単結晶インゴットに、ブロック切断、スライス、面取り、鏡面研磨などを施す。これにより、厚さ $725\text{ }\mu\text{m}$ 、直径 200 mm 、面方位(100)面、比抵抗 $1\sim 10\text{ }\Omega\text{ cm}$ 、p型の鏡面仕上げされた活性層用ウェーハ10が得られる(図1(a))。

一方、所定量のボロンと窒素がドーピングされたp型のシリコン単結晶インゴットをCZ法により引き上げる。引き上げ速度(V)および温度勾配(G)を制御して全面OSF領域となるように引き上げる。この場合、Vは 0.5 mm/min である。窒素濃度は結晶引き上げ時の仕込み量として $2\times 10^{14}\text{ atoms/cm}^3$ 、格子間酸素原子濃度Oiは $13\times 10^{17}\text{ atoms/cm}^3$ である。その後、シリコン単結晶インゴットに、ブロック切断、スライス、面取り、鏡面研磨などを施す。これにより、厚さ $725\text{ }\mu\text{m}$ 、直径 200 mm 、面方位(100)面、比抵抗 $1\sim 10\text{ }\Omega\text{ cm}$ 、p型の鏡面仕上げされた支持基板用ウェーハ20が得られる(図1(b))。

【0030】

その後、支持基板用ウェーハ20のうち、任意の数枚を酸化熱処理装置に挿入し、 1000°C 、16時間の酸化熱処理を施す。続いて、熱処理された支持基板用ウェーハ20に対し、ライトエッチング法により $2\text{ }\mu\text{m}$ エッチングした後、光学顕微鏡でBMDおよびOSFを測定し、ウェーハ表面の全域で $1\times 10^9/\text{cm}^3$ を超えるOSFが存在することを確認する。

次に、支持基板用ウェーハ20を、熱源にランプ加熱を採用したRTP装置に挿入し、アルゴンガス雰囲気で 1150°C 、5分間のラピッドサーマルプロセスを施す。これにより、支持基板用ウェーハ20の表裏両面付近のOSFが蒸発して消失し、その消失部分に深さ約 $0.1\sim 0.3\text{ }\mu\text{m}$ の結晶欠陥が存在しない層が形成される。

【0031】

次いで、活性層用ウェーハ10を熱酸化装置に挿入し、酸素ガス雰囲気中で熱酸化処理を施す。これにより、活性層用ウェーハ10の露出面の全域に、厚さ $0.15\text{ }\mu\text{m}$ のシリコン酸化膜10aが形成される。熱処理条件は 1000°C 、7時間である(図1(c))。

次に、活性層用ウェーハ10の鏡面仕上げされた表面から所定深さ位置に、中電流イオン注入装置を使用し、 50 keV の加速電圧で水素をイオン注入する。これにより、活性層用ウェーハ10に、水素イオン注入領域10bが形成される(図1(c))。このときのドーズ量は、 $5\times 10^{16}\text{ atoms/cm}^2$ である。

【0032】

続いて、活性層用ウェーハ10の表面と支持基板用ウェーハ20の鏡面とを貼り合わせ面(重ね合わせ面)とし、シリコン酸化膜10aを介して、例えば真空装置内で公知の治具により、両ウェーハ10、20を貼り合わせて貼り合わせウェーハ30を作製する(図1(d))。このとき、活性層用ウェーハ10と支持基板用ウェーハ20とが、シリコン酸化膜10aを介して接合され、この接合部分のシリコン酸化膜10aが埋め込みシリコン酸化膜(絶縁膜)30aとなる。

【0033】

それから、貼り合わせウェーハ30を図示しない剥離熱処理装置に挿入し、 500°C の炉内温度、窒素ガスの雰囲気中で熱処理する(図1(e))。熱処理時間は30分間である。この熱処理により、支持基板用ウェーハ20の貼り合わせ界面に活性層10Aを残し、活性層用ウェーハ10が水素イオン注入領域10bから剥離される。

剥離後、貼り合わせウェーハ30に対して、窒素ガスの雰囲気中で1150℃、2時間の貼り合わせ熱処理を施す。これにより、活性層用ウェーハ10と支持基板用ウェーハ20との貼り合わせ強度が増強される(図1(f))。

次いで、活性層10Aの表面に研磨装置による研磨、犠牲酸化によりSOI表面の平坦化、薄膜化を施す。こうして、スマートカット法を利用し、厚さ0.1~0.2μmの活性層10Aを有した貼り合わせSOI基板(貼り合わせ基板)が作製される(図1(g))。

【0034】

このように、支持基板用ウェーハ20用のシリコン単結晶インゴットの引き上げ時、結晶中には窒素が $2 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ 含まれ、格子間酸素原子濃度Oiは $13 \times 10^{17} \text{ /cm}^3$ としている。そのため、ウェーハ表面の全域で $1 \times 10^9 \text{ /cm}^3$ を超えるBMDまたはそれに伴うOSF欠陥が発生する。ウェーハ表面の全域にOSF欠陥が存在すると、支持基板用ウェーハ20中の欠陥密度は $1 \times 10^9 \text{ 個/cm}^3$ 以上となる。これにより、支持基板用ウェーハ20の強度が高まり、熱処理時の支持基板用ウェーハ20のスリップを防止することができる。

【0035】

貼り合わせ後の熱処理時には、活性層用ウェーハ10または活性層10Aに含まれる金属不純物のうち、拡散により埋め込みシリコン酸化膜30aを透過可能なCu、Feの他、支持基板用ウェーハ20中の金属不純物も、BMDまたはOSFに捕獲される。このように、支持基板用ウェーハ20の全面にはゲッターリングサイトとなるOSFが多量に存在する。そのため、活性層用ウェーハ10または活性層10A中の金属不純物、加えて支持基板用ウェーハ20中の金属不純物も十分に捕獲することができる。その結果、活性層10Aの金属不純物による汚染度の低減を図ることができる。

【0036】

また、支持基板用ウェーハ20の貼り合わせ界面付近には、ラピッドサーマルプロセス処理により結晶欠陥が存在しない。したがって、このように活性層10Aと埋め込みシリコン酸化膜30aとが、LPD評価用のレーザ光をそれぞれ透過する程度まで薄膜化されても、従来のように埋め込みシリコン酸化膜30aと支持基板用ウェーハ20との間に、マイクロボイド40が形成されない(図2(a),(b))。そのため、LPD評価時において、マイクロボイド40を疑似欠陥として検出することがない。その結果、活性層10AのLPD評価の信頼性を高めることができる。

さらに、このような効果を有する貼り合わせSOI基板は、支持基板用ウェーハ20用のインゴットの引き上げ時、結晶中に $1 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ の窒素と、 $13 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ の酸素とを含ませれば得られるので、上記効果を有する貼り合わせSOI基板を低コストで製造することができる。

【実施例2】

【0037】

次に、この発明の実施例2に係る貼り合わせ基板の製造方法を説明する。

この実施例2は、CZ法によるシリコン単結晶インゴットの引き上げ時において、窒素が添加されず、結晶中に格子間酸素原子濃度Oiだけを $18 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ とした例である。

その後、支持基板用ウェーハ20はアニール装置に挿入され、アルゴンガス雰囲気中で1150℃、2時間の熱処理が施される。これにより、支持基板用ウェーハ20の表裏両面付近のOSFが消失し、その消失部分に結晶欠陥が存在しない層が形成される。

その他の構成、作用、効果は、実施例1と略同じであるので説明を省略する。

【0038】

ここで、実際に本発明法および従来法について、貼り合わせSOI基板における支持基板用ウェーハの裏面のスリップの有無と、活性層面内のLPDの分布とについて、比較調査した結果を報告する。

活性層の厚さは0.1~0.2μm、埋め込みシリコン酸化膜の厚さは0.15μmで

ある。スリップの評価方法としては、X線トポグラフ (XRT) 法を採用した。また、LPDの分布の評価としては、 $2\mu\text{m}$ のライトエッチング (クロム酸エッチング) 後、表面検査装置 (テンコール社製SP-1) によりLPD密度を測定した。その結果を表1に示す。

【0039】

【表1】

	支持基板用ウェーハ	貼り合わせ 前熱処理	支持基板用ウェーハ のスリップ発生の 有無	活性層表面のLPD面内分布	支持基板用ウェーハ中 のBMD、OSF密度
試験例1	全面OSFウェーハ	RTP	○	特異な分布なし	$1 \times 10^9 / \text{cm}^3$ 以上
試験例2	全面OSFウェーハ	RTPなし	○	ウェーハ中心部に若干多く、 支持基板用ウェーハのCOP 分布と一致	$1 \times 10^9 / \text{cm}^3$ 以上
試験例3	高酸素濃度ウェーハ $\text{O}_i = 1.8 \times 10^{17}$	ArAN	○	特異な分布なし	$1 \times 10^9 / \text{cm}^3$ 以上
試験例4	高酸素濃度ウェーハ $\text{O}_i = 1.8 \times 10^{17}$	ArANなし	○	ウェーハ中心部に若干多く、 支持基板用ウェーハのCOP 分布と一致	$1 \times 10^9 / \text{cm}^3$ 以上
比較例1	低酸素濃度ウェーハ $\text{O}_i = 1.4 \times 10^{17}$	ArAN	×	特異な分布なし	$1 \times 10^7 \sim 1 \times 10^8 / \text{cm}^3$
比較例2	低酸素濃度ウェーハ $\text{O}_i = 1.4 \times 10^{17}$	ArANなし	×	ウェーハ中心部に若干多く、 支持基板用ウェーハのCOP 分布と一致	$1 \times 10^7 \sim 1 \times 10^8 / \text{cm}^3$

RTP: ラピッドサーマルプロセス、ArAN: アルゴンアニール、

スリップ発生の有無: スリップ長20mm未満で (○), スリップ長20mm以上で (×)

【0040】

表1のグラフから明らかなように、試験例1～4はいずれも支持基板用ウェーハ中のBMD (Bulk Micro Defect)、OSFの密度が $1 \times 10^9 / \text{cm}^3$ 以上である。そのため、支持基板用ウェーハの裏面に20mm以上のスリップが発生せず、活性層面内のLPDも特異な分布はないか若干ウェーハ中心部が多い程度で、比較例1および比較例2に比べて改善された。

なお、試験例1および試験例2に使用される支持基板用ウェーハは、シリコン単結晶インゴットの引き上げ時、結晶中に窒素を $2 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$ ドープし、かつ格子間酸素原子濃度Oiを $1.4 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ およびV/Gを調整したウェーハである。そのため、支持基板用ウェーハの全面にはOSFが多量に存在している。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】この発明の実施例1に係る貼り合わせ基板の製造方法を示すフローシートである。

【図2】(a)従来手段に係る貼り合わせ基板の製造方法により得られた貼り合わせ基板のLPD評価試験中を示す要部拡大断面図である。(b)この発明の実施例1に係る貼り合わせ基板の製造方法により得られた貼り合わせ基板のLPD評価試験中を示す要部拡大断面図である。

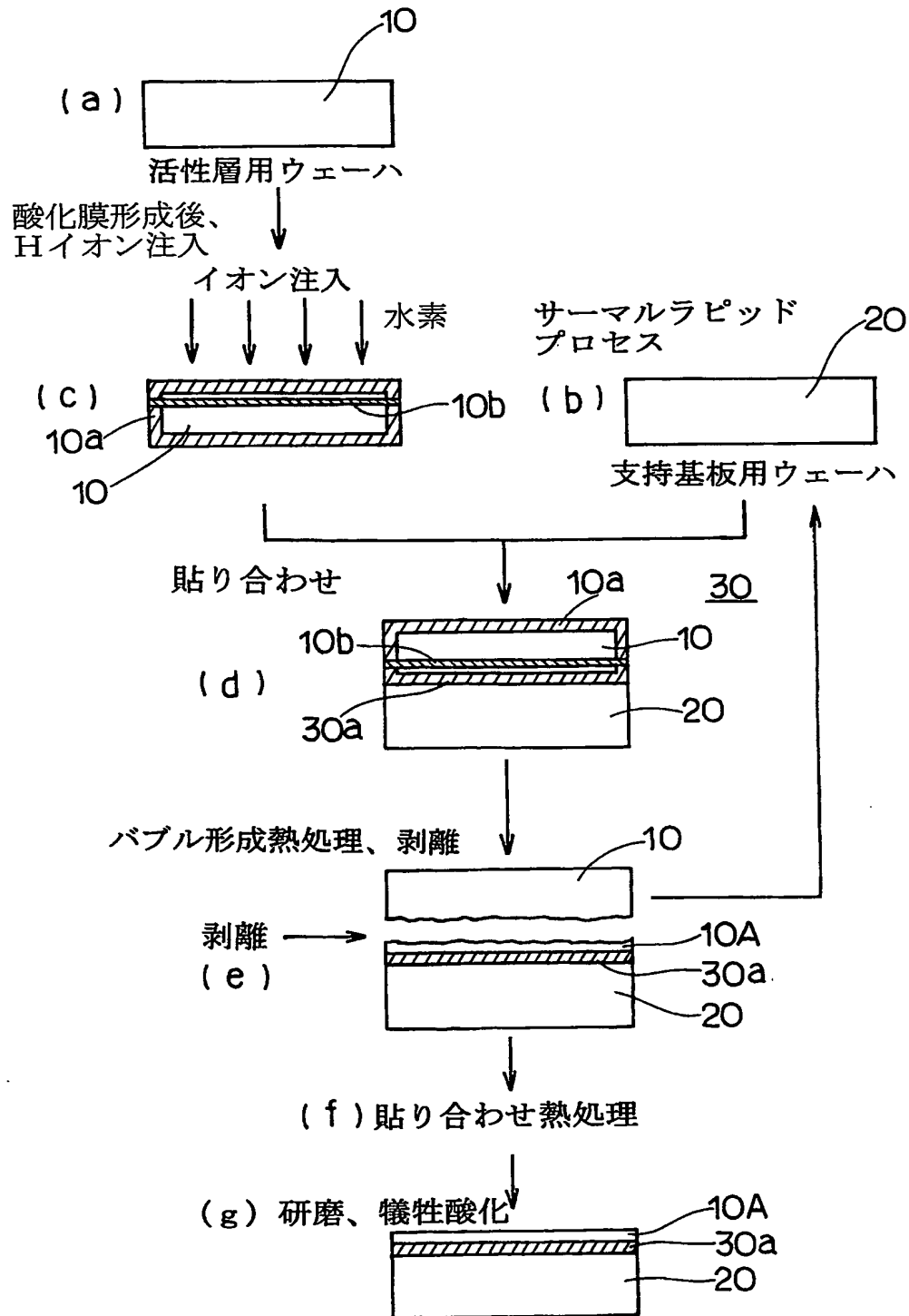
【符号の説明】

【0042】

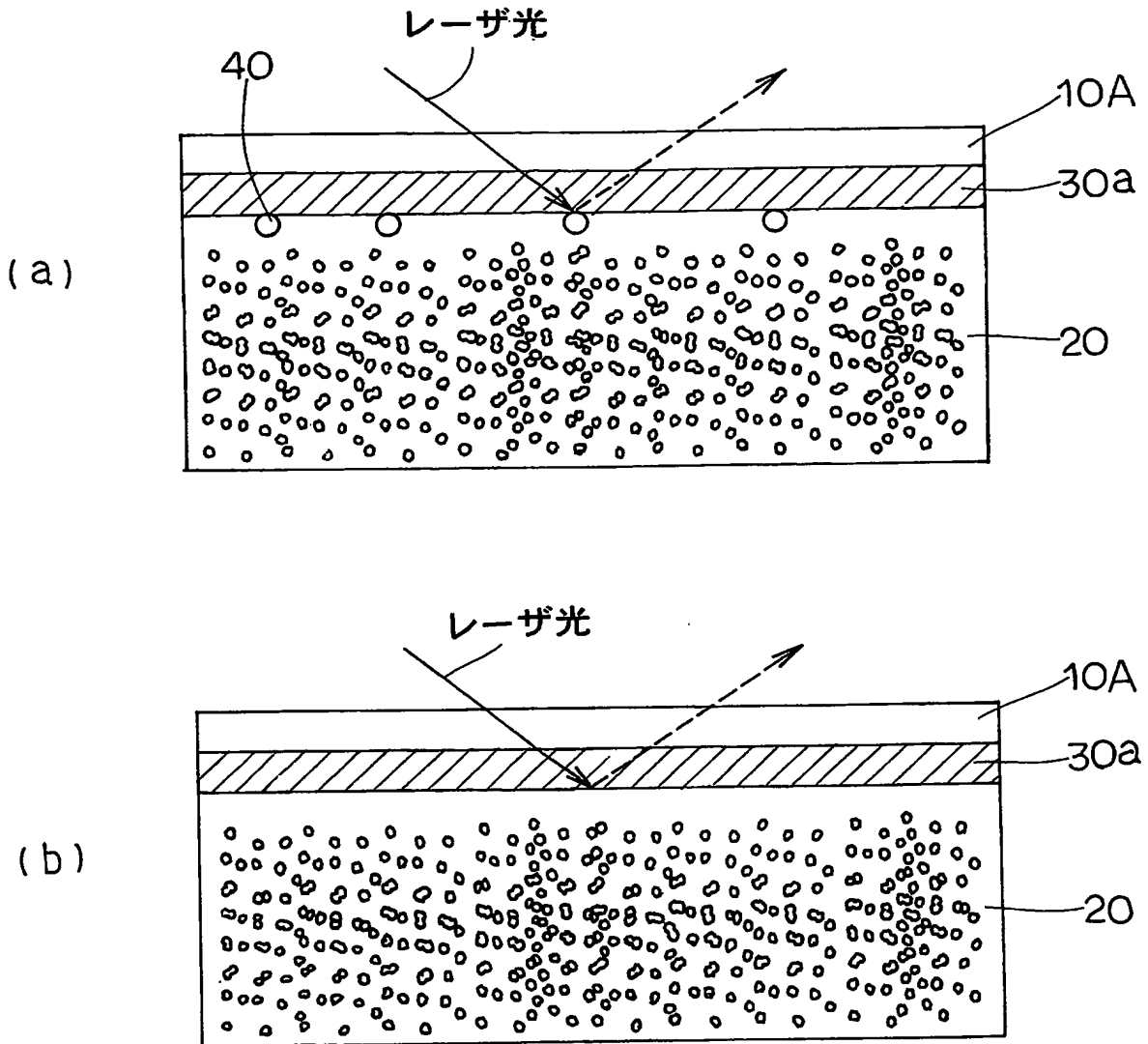
- 10 活性層用ウェーハ、
- 10a シリコン酸化膜(絶縁膜)、
- 20 支持基板用ウェーハ、
- 10b 水素イオン注入領域(イオン注入領域)、
- 10A 活性層、
- 30 貼り合わせウェーハ、
- 30a 埋め込みシリコン酸化膜。

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

活性層の金属不純物による汚染度が低減し、支持基板用ウェーハのスリップを抑制する貼り合わせ基板をスマートカット法により安価に製造可能な貼り合わせ基板の製造方法を提供する。

【解決手段】

支持基板用ウェーハ20が 1×10^{14} atoms/cm³の窒素と、 13×10^{17} atoms/cm³の格子間酸素原子濃度O_i (old ASTM)を含むので、貼り合わせ後の熱処理時に活性層用ウェーハ10中の一部の金属不純物とウェーハ20の金属不純物とが、ウェーハ20中のBMDおよびOSFに捕獲される。その結果、活性層10Aの金属汚染を低減できる。しかも、ウェーハ20は強度が高まりスリップを防げる。ウェーハ20の貼り合わせ界面付近には結晶欠陥が存在しないので、活性層10AのLPD評価時、マイクロボイド40を検出せず、評価の信頼性が高まる。さらに、このような貼り合わせ基板を低コストで製造できる。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-315990
受付番号	50301487671
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成15年 9月 9日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 9月 8日
-------	-------------

特願 2 0 0 3 - 3 1 5 9 9 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 0 2 0 0 6 8 5 4]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 1 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号

氏 名

三菱住友シリコン株式会社